

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-168031

(43)Date of publication of application : 24.06.1997

(51)Int.Cl.

H04L 12/56

H04H 1/00

(21)Application number : 07-326946

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 15.12.1995

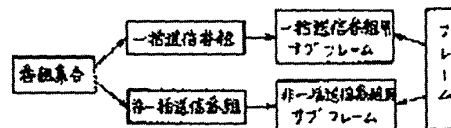
(72)Inventor : OSAKI NOBUYUKI  
MURATA TOMOHIRO  
AKATSU MASA HARU

## (54) REAL TIME SCHEDULING METHOD RELATING TO TRANSMISSION OF PACKET

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To conduct scheduling in real time in which packets for set of programs in mixture of simultaneous transmission programs and non-simultaneous transmission programs are assigned to frames so as to be transmitted for a period decided for each program.

SOLUTION: Sets of programs are classified into simultaneous transmission programs and non-simultaneous transmission programs, and the assignment request rate is the unity or less of sets of the simultaneous transmission programs and a minimum packet number being an integer multiple of packet number to be sent for each program is used for a transmission capacity of subframes for the simultaneous transmission programs and the remaining transmission capacity of frames is used for the transmission capacity of subframes for the non-simultaneous transmission programs. Then packets for the simultaneous transmission programs are assigned to the subframes for the simultaneous transmission programs according to the EDF algorithm for each time of transmission of frames and packets for the non-simultaneous transmission programs are assigned to subframes for the non-simultaneous transmission programs.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than  
the examiner's decision of rejection or  
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-168031

(43) 公開日 平成9年(1997)6月24日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 L 12/56		9466-5K	H 0 4 L 11/20	1 0 2 A
H 0 4 H 1/00			H 0 4 H 1/00	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平7-326946

(22) 出願日 平成7年(1995)12月15日

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 大崎 伸之  
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株  
式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 村田 智洋  
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株  
式会社日立製作所システム開発研究所内

(72) 発明者 赤津 雅晴  
神奈川県川崎市麻生区王禅寺1099番地 株  
式会社日立製作所システム開発研究所内

(74) 代理人 弁理士 蔭田 利幸

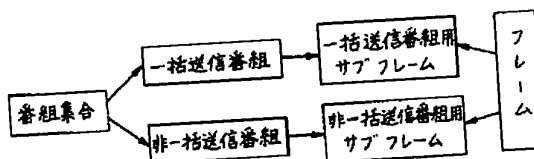
(54) 【発明の名称】 パケット送出に関する実時間スケジューリング方法

(57) 【要約】

【課題】 一括送信番組と非一括送信番組とが混在する番組集合のパケットを各番組ごとに決められた周期で送出するようにフレームに割り当てるスケジューリングを実時間で行う。

【解決手段】 番組集合を一括送信番組と非一括送信番組とに分割し、一括送信番組の集合についてその割当要求率が1以下になりかつ番組当り一括で送信すべきパケット数の整数倍となる最小のパケット数を一括送信番組用サブフレームの送信容量とし、フレームの送信容量の残りを非一括送信番組用のサブフレームの送信容量として設定し、フレームを送出する各時刻ごとにE D Fアルゴリズムに従って一括送信番組のパケットを一括送信番組用サブフレームに割り当てるとともに非一括送信番組のパケットを非一括送信番組用サブフレームに割り当てる。

図1



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】各放送番組が1周期当り所定のパケット数の情報を送出するよう定められており、複数の番組から集められたパケットを所定のパケット数分の送信容量をもち定期的に送信されるフレームに収納してパケット送出するときのパケットを該フレームに割り当てるスケジューリング方法において、

該複数の番組を1周期当りのパケット数を1つのフレームに割り当てて一括で送信すべき一括送信番組と1周期当りのパケット数を複数のフレームに分散して送信可能な非一括送信番組とに分割し、

一括送信番組の集合についてその割当要求率が1以下になりかつ番組当り一括で送信すべきパケット数の整数倍となる最小のパケット数を該一括送信番組の集合についてのサブフレームの送信容量とし、フレームの送信容量から一括送信番組用のサブフレームの送信容量を除いた残りを非一括送信番組用のサブフレームの送信容量として設定し、

フレームを送出する各時刻ごとにEDFアルゴリズムに従って、一括送信番組のパケットを一括送信番組用サブフレームに割り当てるとともに非一括送信番組のパケットを非一括送信番組用サブフレームに割り当てることを特徴とするパケット送出に関する実時間スケジューリング方法。

【請求項2】該一括送信番組用サブフレームに一括送信番組のパケットを割り当てない空きが生じたとき、非一括送信番組の集合のうち一部のパケットを割り当てることを特徴とする請求項1記載のパケット送出に関する実時間スケジューリング方法。

【請求項3】該一括送信番組用サブフレームに一括送信番組のパケットを割り当てない空きが生じたとき、一括送信番組用サブフレームへのパケット割当要求率を1以下にしかつ非一括送信番組用サブフレームへのパケット割当要求率を最小にするように非一括送信番組の集合のうち一部のパケットを該一括送信番組用サブフレームの空き領域に割り当てることを特徴とする請求項2記載のパケット送出に関する実時間スケジューリング方法。

【請求項4】非一括送信番組に優先度を設定し、優先度の高い番組から順に該一括送信番組用サブフレームの空き領域に補充することを特徴とする請求項2記載のパケット送出に関する実時間スケジューリング方法。

【請求項5】非一括送信番組に優先度を設定し、優先度の高い番組から順に一括送信番組用サブフレーム又は非一括送信番組用サブフレームへパケットを割り当てたときの割当要求率が1以下である限り1周期当り所定のパケット数の送出を保証するパケット割当スケジューリングを行うことを特徴とする請求項2記載のパケット送出に関する実時間スケジューリング方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、パケット送出のためのスケジューリングを実時間で行う方法に関する。

【0002】

【従来の技術】ラジオの番組放送システムにおいて、ラジオ局はある周波数帯を使って放送番組の音声情報や文字情報を送出する。同一周波数帯で複数の番組を放送する場合には、各番組情報はパケットと呼ばれる送信単位となる一定量の情報に分割され、多重伝送される。各放送番組は所定の周期で所定のパケット数の情報が送出されなければならない、複数の番組から集められたパケットは一定のパケット数分の送信容量をもつフレームに収容されて定期的に送出される。ここに各番組のパケットをその送出期限に間に合うようにフレームに割り当てるスケジューリング問題が生じる。パケット送出に関するスケジューリング問題は、タスクを期限に間に合うように資源に割り当てるスケジューリング問題と同一視できる。タスクスケジューリングについては、タスクの性質が極めて限定されている場合、またはタスクの性質を一般化した場合の割当アルゴリズムはいろいろ研究されている。しかしパケット送出のスケジューリング問題に公知のタスクスケジューリング手法を適用しようとする、前者の場合タスクの性質が限定され過ぎ、また後者の場合には計算量が多くなり、実時間で適用は難しい。

【0003】なおこの種の技術として関連するものには、例えば「Scheduling Algorithms for Hard Real-time Systems: A Brief Survey」(TUTORIAL Hard Real-Time Systems pp. 150-173, IEEE COMPUTER SOCIETY PRESS)等がある。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】実時間でパケット送出のスケジューリングにおいては、(1)各番組の送出期限に間に合うようにパケット送出できるか否かを判定できること(2)フレームに対するパケットの割当効率が高いものであること(3)パケット送出遅延が発生したときの制御ができること(4)番組集合が変化したとき対応できること、の要件を実時間で満足する必要がある。番組集合は、1周期当りのパケット数を1つのフレームに割り当てて一括で送信すべき一括送信番組と、1周期当りのパケット数を複数のフレームに分散して送信可能な非一括送信番組とに分類できる。すべての番組が非一括送信番組である場合には、上記(1)から(4)までの要求に答えるため、Earliest Deadline First (EDF)と呼ばれる割当アルゴリズムを適用することができる。しかし番組集合に一括送信番組が混在する場合には、上記(1)から(4)までの要求に適応する割当アルゴリズムは知られていない。

【0005】本発明の目的は、番組集合に一括送信番組が混在する場合の packets 送出に関するスケジューリングを実時間で実行する方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、番組集合を一括送信番組と非一括送信番組とに分割し、一括送信番組の集合についてその割当要求率が1以下になりかつ番組当たり一括で送信すべき packets 数の整数倍となる最小の packets 数をこの一括送信番組集合についてのサブフレームの送信容量とし、フレームの送信容量から一括送信番組用のサブフレームの送信容量を除いた残りを非一括送信番組用のサブフレームの送信容量として設定し、フレームを送出する各時刻ごとにEDFアルゴリズムに従って、一括送信番組の packets を一括送信番組用サブフレームに割り当てるとともに非一括送信番組の packets を非一括送信番組用サブフレームに割り当てる packets 送出に関する実時間スケジューリング方法を特徴とする。

【0007】番組集合は一括送信番組と非一括送信番組とから構成されるが、仮にすべての番組が非一括送信番組である番組集合を考えると、EDFアルゴリズムは、「packets のフレームへの割当要求率が1以下である番組集合を期限に遅れなしで割り当て可能」であることを保証する。このため番組集合が非一括送信番組である場合には、packets の割当要求率の計算のみで各番組の送出期限に間に合うように packets 送出できるかを判定することができ、この判定に要する計算は実時間に行なうことが可能である。本発明は、一括送信番組の1周期当りの packets 数(1ページ分の packets 数)が一定であるので、1ページ分の packets 数を単位とすると、一括送信番組を非一括送信可能な番組と考えることができ、注目する番組集合の packets 割当にEDFを適用し上記の判定を実時間に行うものである。これによって一括送信番組が期限に遅れなしで packets 割当可能であることが保証される。非一括送信番組については、一括送信番組用サブフレームに一括送信番組の packets を割り当てない空きが生じたとき、非一括送信番組の集合のうち一部の packets を割り当てることによってフレームに対する packets の割当効率を上げるとともに非一括送信番組の packets 送出を早める。非一括送信番組の packets を一括送信番組用サブフレームと非一括送信番組用サブフレームのいずれに割り当てる場合にも、それぞれのサブフレームについて packets 割当要求率を計算することによって番組の packets 送出が期限に遅れなしで可能かを判定ができる。非一括送信番組に優先度を設定すれば、packets 割当要求率の計算によって優先度の高い非一括送信番組の期限に遅れなしを保証することができる。優先度が低く packets 送出遅延が発生する非一括送信番組については、その周期又は packets 数/ページを変更して対応するように制御する。

【0008】packets 送出をスケジューリングするスケジューラは、各番組の属性(周期及び packets 数/ページ)に応じて各サブフレームの送信容量を設定する前処理モジュールと、フレームの送出時刻に合わせて起動され実時間で packets のフレームへの割当を行う packets 割当モジュールとから構成される。前処理モジュールで初期設定した後、番組集合が変わらない限り packets 割当モジュールを繰り返し実行すればよい。番組集合が変化したとき前処理モジュールから実行するが、計算量が少なく実時間での適用が可能である。

【0009】

【発明の実施の形態】

(1)はじめに

本実施形態では、ラジオの番組放送システムにおいて、ラジオ局が同一周波数帯で複数の番組を放送する場合に各番組の情報を送出するためのスケジューリングの問題をとりあげる。各番組は決められた送信期限までに所定量の情報が送出されねばならない。まず使用する用語について説明する。packets とは、送信単位となる一定量の情報である。各番組は周期的な送信期限までに送信しなければならない packets 数が決められている。ページとは、各番組の1周期当りの送信 packets 数をいう。フレームとは、一定の packets 数分の送信容量をもち定期的に送信される送信単位であり、各番組の packets が集められて1つのフレームを構成する。一括送信番組とは、1ページ分の packets を一つのフレームに割り当てて一括で送信しなければならないような番組をいう。非一括送信番組とは、1ページ分の packets をいくつかのフレームに分けて分割送信してもよいような番組をいう。番組集合とは、送信の対象となる番組の全体であり、本実施形態では一括送信番組と非一括送信番組とから構成される。本実施形態では、このような番組集合について、フレームという送信容量の制約の下で各番組の送信周期に間に合うように、どのような順番で各時刻にどれだけの packets をフレームに割り当てるかを決定するスケジューリングの問題を解決するものである。

【0010】図3は、番組集合とフレームの事例を示す図である。番組集合は10個の番組から成り、一括送信番組A1～A4と非一括送信番組B1～B6とから構成される。番組A1～A4は一括送信番組であり、1つのフレームにそれぞれ21 packets ずつ割り当てねばならない。フレームは95 packets の容量をもち、1秒に1回送信するものとする。なお packets の内容は固定長のデジタル化された音声情報であり、文字情報を含んでいてもよい。

【0011】図4は、本発明を適用する packets 送出装置の構成を示す図である。番組入力装置1は各番組の情報を入力する端末装置である。送出制御装置2は番組入力装置1から入力された番組情報を packets に分割し、各番組の優先順位などの情報を基にして packets をフレ

ームに割り当てる。スケジューラ3は本発明のスケジューリング方式を適用する装置であり、送出制御装置2が行うパケット割り当ての処理を制御する。スケジューラ3はマイクロプロセッサのような計算装置と関連する記憶装置によって実現される。番組送出装置4はパケットが割り当てられたフレームを送出する装置である。

【0012】図5は、パケット割当の基本となるEarliest Deadline First (EDF) と呼ばれるアルゴリズムを示すフローチャートである。このフローチャートは、1ページ分のパケット数が均一な番組集合をフレームに割り当てるときのEDFアルゴリズムを示す。まずフレームが送出される時刻について、送信要求のあった各番組のパケット数のうちまだ送信されていないパケット数をそれぞれ未処理パケット数に設定し、フレームの割当パケット数を0に設定する(ステップ11)。未処理パケット数が0でない番組があれば(ステップ12YES)、未処理パケット数が0でない番組のうち次のフレーム送出時刻から次の送出周期までの時間が最も短い番組を選択する(ステップ13)。該当する番組が複数ある場合には、いずれか1つの番組を選択する。次に選択した番組についてフレームの空き容量を越えない範囲でできるだけ多くのパケット数をフレームに割り当てる(ステップ14)。次に割り当てたパケット数を割当パケット数に加算し、この番組の未処理パケット数から割り当てたパケット数を減算する(ステップ15)。最後にフレームが満杯か否かを判定し、フレームが満杯でなければ(ステップ16NO)、ステップ12に戻って処理を続行する。未処理パケット数が0でない番組がなくなったとき(ステップ16YES)、処理を終了する。送出制御装置2は、割当の済んだパケットをフレームに格納する。さらに次のフレーム送出時刻についてステップ11からの処理を繰り返す。

【0013】EDFアルゴリズムは、各番組が周期的な送信期限をもつ非一括送信番組である場合に「パケットのフレームへの割当要求率が1以下である番組集合を期限内に遅れなしで割当可能」であることが証明されている。ここでパケット数Rの送信容量をもつフレームへの番組集合の割当要求率とは、この番組集合に含まれる番組 $P_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ であり、 $m$ は番組集合に含まれる番組数)の1ページ分のパケット数 $PP_i$ 、周期長(秒)を $PT_i$ としたとき

$$\Sigma (PP_i \div PT_i \div R) \quad (\text{式1})$$

である。ここで $\Sigma$ は $i$ が1から $m$ までについて合計することを示す。

【0014】上記の条件によれば、パケットの割当要求率の計算のみで送信期限内に遅れなしで割当可能かどうかの判定ができる。この判定に要する計算は、実時間に行うことが可能である。

#### 【0015】(2)第1の実施形態

図1は、第1の実施形態の概略を説明する図である。まず番組集合を一括送信番組と非一括送信番組とに分割する。次に95パケットの送信容量をもつフレームを一括送信番組用サブフレームと非一括送信番組用サブフレームに分割する。ここでサブフレームとは、フレームの一部であり、パケット数で計数される送信容量をもつフレーム内の領域である。次に一括送信番組は一括送信番組用サブフレームに割り当て、非一括送信番組は非一括送信番組用サブフレームに割り当てる。

【0016】図2は、第1の実施形態をとるスケジューラ3の処理の流れを示すフローチャートである。スケジューラ3は大きく前処理モジュールとパケット割当モジュールに分かれる。図2でステップ21及び22が前処理モジュール、ステップ23～25がパケット割当モジュールに含まれる。まず番組集合を一括送信番組の集合と非一括送信番組の集合とに分割する(ステップ21)。次に分割したそれぞれの番組集合に割り当てるサブフレームの送信容量を求める(ステップ22)。まず一括送信番組集合について、その割当要求率が1以下になりかつ一括送信番組集合内の番組の1ページ分のパケット数の整数倍となる最小のパケット数を求め、これを一括送信番組集合のサブフレームの送信容量とする。つまり(式1)のパケット数 $R$ を変数とし、「一括送信番組について(式1)の値を加え合わせたものが1以下である」という不等式を「 $R$ は一括送信番組集合の1ページ分のパケット数(本実施形態では21)の整数倍となるできるだけ小さな整数」という条件の下で解き、 $R$ の数を決定する。本実施形態ではこの不等式は次のようになる。

$$21 \div (3 \times R) + 21 \times 3 \div (4 \times R) \leq 1$$

ただし $R$ は21の整数倍となる最小の整数である。 $R$ を計算すると42となり、これが一括送信番組集合のサブフレームの送信容量となる。次にフレームの送信容量95パケットから一括送信番組集合のサブフレームの送信容量42パケットを減じた53パケットを非一括送信番組集合のサブフレームの送信容量とする。最初のフレーム送出時刻に達したとき(ステップ23YES)、スケジューラ3は上記のEDFアルゴリズムに従って一括送信番組用のサブフレームに一括送信番組を割り当てる(ステップ24)。各番組の情報は1ページずつ割り当てられる。次に上記のEDFアルゴリズムに従って非一括送信番組用のサブフレームに非一括送信番組を割り当てて(ステップ25)、ステップ23に戻る。なお非一括送信番組が期限内に遅れなしで非一括送信番組用のサブフレームに割り当て可能であるためには非一括送信パケットの非一括送信番組用のサブフレームへの割当要求率が1以下である必要がある。

【0017】上述したように、EDFアルゴリズムは、各番組が周期的な非一括送信番組であるという条件の下

でパケットの割当要求率のみの計算で割当期限に遅れなしでスケジューリングできるかどうかを判定ができるうえ、要求率が1以下であれば必ず期限を守る割当を行うことができるため、効率的な実時間スケジューリングに適している。第1の実施形態では各番組が周期的な非一括送信番組であるという条件が成り立たないため、番組集合を一括送信番組と非一括送信番組に分割し、それぞれにサブフレームを割り当てることによりEDFを適用可能にしている。

#### 【0018】(3) 第2の実施形態

第1の実施形態では、一括送信番組集合に対して一括送信番組用サブフレームを割り当てているが、一括送信番組は21パケットを単位にしてフレームへ割り当てなければならない、非一括送信番組が1パケットを単位にしてフレームへ割り当ててのに比べてサブフレームへの割当効率が低下する場合が生じる。第2の実施形態は非一括送信番組の一部を一括送信番組用サブフレームに割り当てることによってフレームへの割当効率を上げるものである。

【0019】図6は、第2の実施形態の概略を説明する図である。まず番組集合を一括送信番組と非一括送信番組とに分割し、フレームを一括送信番組用サブフレームと非一括送信番組用サブフレームに分割する。次に非一括送信番組の一部を選び、一括送信番組に補充して一括

$$\text{最小化 } \Sigma (PB_j - P_A \times N_j) \div TB_j \div R_B \quad (\text{式2})$$

ただし、

$$X + \Sigma (P_A \times N_j \div TB_j \div R_A) \leq 1 \quad (\text{式3})$$

$$0 \leq P_A \times N_j \leq PB_j \quad (\text{式4})$$

である。ここで $\Sigma$ はjが1から6までについて合計することを示す。Xは第1の実施形態の方法によって計算される。式3は一括送信番組用サブフレームへのパケットの割当要求率を1以下にすることを意味している。式2は非一括送信番組用サブフレームへのパケットの割当要求率を最小にすることを示している。非一括送信番組が期限に遅れなしで非一括送信番組用サブフレームに割当可能であるためには、式2が1以下である必要がある。次に各番組 $B_j$ の $P_A \times N_j$ 個分のパケットを周期が $TB_j$ 、1ページ分のパケット数が $P_A \times N_j$ である仮想的な一括送信番組とする。そして非一括送信番組 $B_j$ の1ページ分のパケット数から $P_A \times N_j$ 個のパケット数を除いた仮想的な非一括送信番組を作る(ステップ33)。次にそれぞれの番組集合に割り当てるサブフレームの送信容量を求める(ステップ34)。次にパケット割当モジュールに制御が渡ったとき一括送信番組及び非一括送信番組のサブフレームへの割当を行う(ステップ35)。ステップ34及びステップ35は、仮想的な一括送信番組を一括送信番組用サブフレームに割り当てることを除いてステップ22～25の処理と同様である。

【0021】第2の実施形態によれば、第1の実施形態よりも一括送信番組のサブフレームへのパケット割当効

率を上げることができる。ただし非一括送信番組の一部として選んだ番組集合は、一括送信番組の1ページ分のパケット数(21パケット)の整数倍で同じ周期のパケット集合となるように選ぶ。残りの非一括送信番組は非一括送信番組用サブフレームに割り当てる。

【0020】図7は、第2の実施形態をとるスケジューラ3の処理の流れを示すフローチャートである。図でステップ31～34が前処理モジュールに含まれ、ステップ35がパケット割当モジュールに含まれる。まずステップ21と同じく、番組集合を一括送信番組の集合と非一括送信番組の集合とに分割する(ステップ31)。次に非一括送信番組 $B_1 \sim B_6$ の各 $B_j$ (jは1から6までの整数)から一括送信番組用サブフレームに補充できるパケット数を決定する(ステップ32)。一括送信番組のサブフレームへの割当要求率をXとし、 $P_A$ を一括送信番組の1ページ分のパケット数(本実施形態では21)、 $R_A$ を一括送信番組用サブフレームの送信容量とし、 $R_B$ を非一括送信番組用サブフレームの送信容量とする。また非一括送信番組 $B_j$ の1ページ分のパケット数を $PB_j$ 、周期の長さを $TB_j$ とする。このとき整数 $N_j$ (jは1から6までの整数)について、次の式3及び式4を満たし、式2の値を最小にする $N_j$ を求める。

率を上げることができる。

#### 【0022】(4) 第3の実施形態

第2の実施形態では、数学的に最も割当効率が上がるように、非一括送信番組を一括送信番組用サブフレームへ補充した。しかし扱う番組数が多くなり第2の実施形態で示す計算量が大きなものになる場合や、計算しなくともほぼ最適な補充の仕方になりそうな $N_j$ が求まる場合など、事前に規則を用意することにより計算を早めることができる。以下このような規則の例を示す。

【0023】規則例1：非一括送信番組のうち1番組を構成するパケット数/ページが多いほど優先度を上げ、優先度の高い番組から一括送信番組のサブフレームに補充する。例えば図3に示す非一括送信番組B2は1ページ分のパケット数が多いため補充のための優先順位を高くしておき、まずB2から補充する $N_j$ を求める。もしまだ一括送信番組のサブフレームに空きがあれば次に優先順位の高い番組を補充の候補とする、というようにして計算が早められる。

【0024】規則例2：割当要求率が0.5%以下の番組は除いて計算し、最後にフレームの空き領域へ割り当てる。例えば非一括送信番組B5、B6は1ページ分のパケット数が少なく送出周期が大きいので、まずこれら

を除外して上記計算を行った後、サブフレームの空き部分に割り当てる、としても十分割り当て可能な場合が多い。

【0025】規則例3：番組B1、B3、B2の順で一括送信番組のサブフレームに補充する。特にどの番組を選ぶかが規則化しにくい場合など、単にある番組を指定するというだけの規則を用意することもできる。

【0026】このように事前に規則化できるものを規則として記憶装置上のルールベースに蓄えることによって、スケジューラ3によってアクセスし計算を早くすることが可能である。

#### 【0027】(5) 第4の実施形態

EDFは割り当て要求率が1以下の場合、必ず期限を守る割り当てが保証されるが、1を越える場合は期限を守らない割り当てをする。第4の実施形態は、割り当て要求率が1を越える場合には予め定めた優先順位により、必ず期限を守って送出したい番組のバケットを許容番組として確保し、各フレーム送出時刻においてフレームにバケットが割り当てられていない領域(フレームの空き)がある場合に残りのバケットをフレームに割り当てることにより、優先順位の高い番組を送出期限に遅れることなくフレームに割り当てることができる。

【0028】図8は、第4の実施形態のスケジューラ3の処理を示す図である。ステップ41は、あらかじめ定められている非一括送信番組の優先順位に従って優先順位の高い番組から順に許容番組集合に追加するものである。ある非一括送信番組をこの集合に追加しようとするとき、この番組の追加により非一括送信番組のサブフレームに対する許容番組集合の割り当て要求率が1を越える場合、追加をやめてステップ41の処理を終了する。ステップ41はステップ33とステップ34との間で行う。例えば番組B1が最も優先順位が高く、B2、B3、・・・の順に優先順位が下がって行くものとする。このとき番組B1、B2、B3の順で許容番組集合に追加して行く。番組B4を追加すると非一括送信番組用サブフレームに対する割り当て要求率が1を越えるとすると、許容番組集合の追加をやめ、番組B4、B5、B6は許容番組集合に含まないとする。そしてステップ25の代わりにステップ42及び43を行う。ステップ42で非一括送信番組のうち許容番組集合を割り当てられているサブフレームにEDFを用いて割り当てる。次にステップ43で非一括送信番組のうち許容番組集合に含まれない番組を空きのあるサブフレームへEDFを用いて割り当てる。ただし非一括送信番組のうち許容番組集合に含まれない番組集合については割り当期限を守るとは保証されない。

【0029】EDFは各バケット送出時刻におけるそれぞれの番組の割り当て優先関係が割り当期限までの時間により変わる。このように優先度が固定でない割り当て方式は動的な優先度の付け方といわれる。これに対して優先順位が予め固定である静的な優先度の付け方をとる割り当て方式

は、時間経過に伴う状況を反映することが難しいため、割り当期限を守るようスケジューリングすることが難しい。特にどうしても割り当て遅延が生じるような場合ではこの傾向は強くなる。第4の実施形態によれば、どうしても割り当て遅延が生じる番組集合についても優先順位に忠実なフレーム割り当てを実現できる。

#### 【0030】(6) 第5の実施形態

第5の実施形態は、ステップ41の後で予め定めた規則に従って許容番組集合に含まれない番組からいくつかの番組を選び、周期又はバケット数/ページを修正する処理を行うものである。以下このようにして修正を行うべく選ばれた番組を修正番組と呼ぶ。以下このような修正規則の例を挙げる。

【0031】修正規則1：許容番組集合に選ばれなかった番組を修正番組として選び、修正番組の周期を許容バケットのバケット数と修正バケットのバケット数の割り当て要求率が1以下になるまで延ばす。例えば許容番組集合に選ばれなかった番組を修正番組として選び、修正番組のバケットについて周期が元の周期より長くなってもよいから周期的な割り当てをしたいという要求があるとする。このとき上記修正規則1を適用し、修正された修正番組を新たに非一括送信番組として登録し、非一括送信番組用サブフレームにバケットの割り当てを行うものである。

【0032】修正規則2：許容番組集合に選ばれなかった番組を修正番組として選び、修正番組のバケット数/ページを仮想的に減じ、許容バケット数と修正バケット数を合わせたバケットの割り当て要求率が1以下になるまでバケット数を減らす。例えば修正番組のバケットについて、周期は守りたいが割り当てを要求するバケット数のすべてをフレームに割り当てなくてもよいという要求があるとする。このとき上記修正規則2を適用し、バケット数の減少を行った修正バケット数を新たに非一括送信番組のバケット数として登録し、非一括送信番組用サブフレームにバケットの割り当てを行うものである。

【0033】第5の実施形態によれば、どうしてもバケット割り当て遅延が生じる番組集合について、どの番組がどの程度周期の遅れを生じるか又はどの番組がどれだけの情報量を削られるかを予め予測することができる。

#### 【0034】(7) 第6の実施形態

EDFはフレームに空きがあればできるだけ早くバケットを割り付けようとする性質がある。そのためバケットはフレームへある時刻に固まって割り当てられ、別の時刻にはフレームにかなり空きが生じる傾向がある。定期的にフレームに空きができる場合は、その空き部分へ第4の実施形態で説明した許容番組に含まれない番組を割り当てることにより、許容番組に含まれない番組の割り付けもある程度定期的に行うことができる。しかしフレームへの空きが突発的である場合、許容番組に含まれない番組が定期的にフレームへ割り当てられない。これは許容番組に含まれない番組でもできるだけ定期的にフレ



ームに割り当てたい場合には不都合である。そのため特  
に一括送信番組のように1ページ分のパケット数が多い  
番組では、突発的にフレームに空きができても無駄にな  
る。しかし一括送信番組用サブフレームに仮想的に空パ  
ケット番組を割り当てることにより、フレームの空きを  
なるべく周期的に近いものにできる。

【0035】図9(a)は空パケット番組を考慮しない  
場合、図9(b)は空パケット番組を割り当てる場合の一  
括送信番組用サブフレームへのパケット割当状況を示  
す図である。図9の横軸は時間軸を示し、数字は秒単位  
の時刻を示す。1つの升目が21パケット分の送信容量  
を示し、一括送信番組用サブフレームは21パケット×  
2の送信容量があるものとする。番組A1、A2、A3  
及びA4は一括送信番組とし、それぞれ図3に示すパケ  
ット数/ページと周期をもつものとする。図で空白にな  
っている升目はその時刻のサブフレームに21パケット  
分の空きがあることを示す。図9(b)は番組集合A1  
～A4にパケット数/ページが21、周期2秒の仮想的  
な番組Cを加えてパケット割当を行ったときのパケッ  
ト割当状況を示す。図9(a)と図9(b)とを比較すれ  
ば明らかなように、空パケット番組Cを加えることによ  
って周期的に21パケット分の空き領域を確保すること  
ができる。

#### 【0036】(8) 第7の実施形態

図10は、他の一括送信番組集合を示す図である。番組  
A5のパケット数/ページは19パケットであり、他の  
番組A2～A4の21パケットとは異なる。上記実施形  
態によれば、番組A2～A4と番組A5は1ページ分の  
パケット数が異なる一括送信番組であるため、異なるサ  
ブフレームを確保する。しかし第2の実施形態で述べた  
ように、1ページ分のパケット数が大きくなるとそのサ  
ブフレームへの割当効率が低下する場合がある。そこで  
番組A2～A4と番組A5のように1ページ分のパケッ  
ト数にあまり差のない番組は、1つのサブフレームでパ  
ケット割当を行うのが効率的である。このときパケッ  
ト数/ページの多い番組A2～A4を基準にして実施形態  
1～6の方式によって一括送信番組のサブフレームを確

保する。

#### 【0037】(9) 第8の実施形態

これまでに説明した実施形態では番組集合が固定であっ  
た。しかし実際のラジオ放送では、ある時間帯ごとに番  
組編成が変化する。また地震などのニュース速報や緊急  
番組が入る場合が考えられる。このような番組編成の変  
化に対して、番組編成の変化するたびに以上の実施形態  
のステップ21及び22の前処理を行い、この前処理に  
より得られた条件の下にステップ23以下のパケット割  
当処理を実時間で計算して実時間スケジューリングを実  
現することができる。

#### 【0038】

【発明の効果】本発明によれば、一括送信番組と非一括  
送信番組とが混在する番組集合のパケット送出に関する  
スケジューリングを実時間で行えるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態の概略を説明する図である。

【図2】第1の実施形態のスケジューラ3の処理の流れ  
を示すフローチャートである。

【図3】番組集合とフレームの事例を説明する図であ  
る。

【図4】実施形態のパケット送出装置の構成を示す図で  
ある。

【図5】EDFアルゴリズムの処理の流れを示すフロー  
チャートである。

【図6】第2の実施形態の概略を説明する図である。

【図7】第2の実施形態のスケジューラ3の処理の流れ  
を示すフローチャートである。

【図8】第4の実施形態のスケジューラ3の処理を示す  
図である。

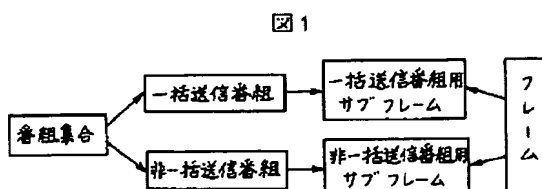
【図9】空パケット番組による一括送信番組用サブフレ  
ームへのパケット割当状況を示す図である。

【図10】他の一括送信番組の集合を説明する図であ  
る。

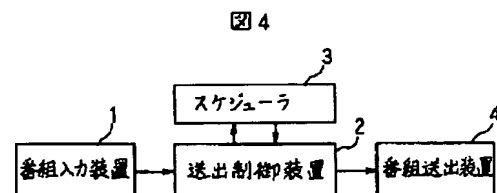
#### 【符号の説明】

3・・・スケジューラ

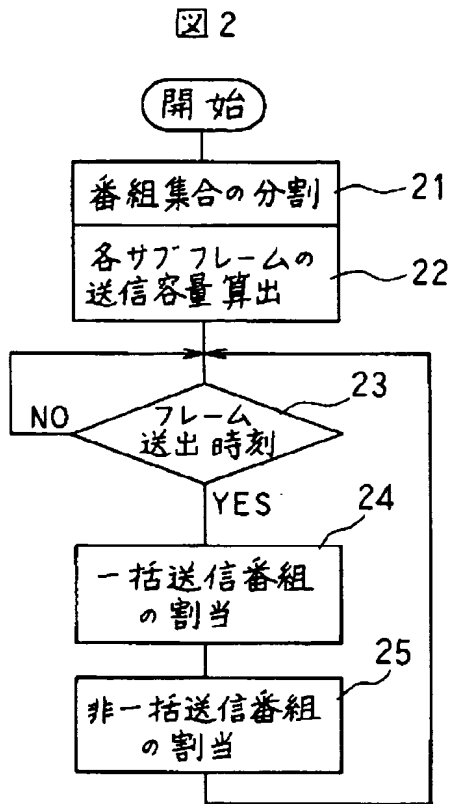
【図1】



【図4】



【図2】



【図3】

図3

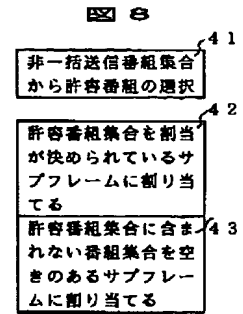
(a)

種別	番組	1ページ分の パケット数	周期(秒)
一括送信	A 1	2 1	3
	A 2	2 1	4
	A 3	2 1	4
	A 4	2 1	4
非一括送信	B 1	3 5	2
	B 2	5 5	3
	B 3	2 5	6
	B 4	3	1
	B 5	1	6 0
	B 6	5	1 2

(b)

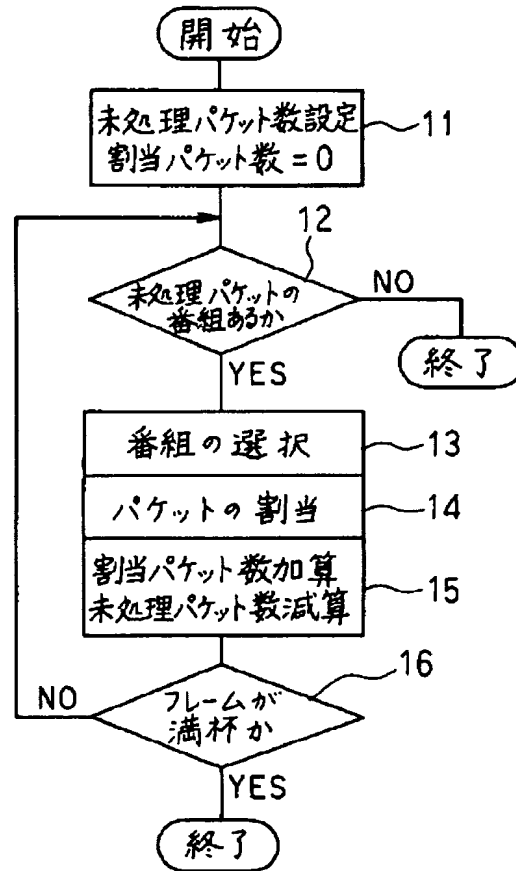
フレーム(95パケット)

【図8】



【図5】

図5



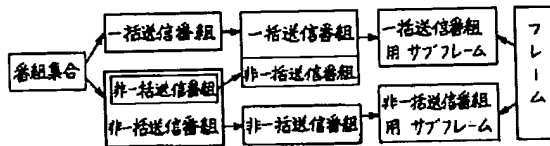
【図10】

図10

種別	番組	1ページ分の パケット数	周期(秒)
一括送信	A 5	1 9	3
	A 2	2 1	4
	A 3	2 1	4
	A 4	2 1	4

【図6】

図6



【図9】

図9

(a)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A 1	A 3			A 1	A 2	A 4	A 1		A 2	A 1		
A 2	A 4			A 3					A 3	A 4		

(b)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A 1	A 2	A 4	A 1	A 2	A 3	A 1		A 2	A 1	A 4		
C	A 3	C		C	A 4	C		C	A 3	C		

【図7】

図7

